

А. И. ЛУКЬЯНЕЦ

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОТВАЛАХ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТОК
КАРПИНСКО-ВОЛЧАНСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА
(Свердловская область)**

Разработки месторождений бурого угля на Урале открытым способом сопровождаются нарушением больших площадей ценных земель, используемых сельским и лесным хозяйством. Биологическая рекультивация их началась и будет расширяться, но стоимость рекультивационных работ пока еще велика. Так, по данным Е. П. Дороненко и А. Я. Элькина (1970), А. П. Красавина и Ю. И. Денисова (1969), С. С. Трофимова (1971), стоимость восстановления 1 га промышленных отвалов на Урале и в Кузбассе колеблется от 200 до 2000 руб. Необходимо искать пути удешевления и упрощения рекультивации (без снижения качества работ), по возможности используя силы самой природы, т. е. естественное самозарастание отвалов растительностью, и в частности, лесной. Материалы наблюдений лаборатории промышленной ботаники Уральского университета (Колесников и Пикалова, 1970) и специальные обследования промышленных отвалов Свердловской области летом 1971 г. показали реальность такой постановки вопроса (Лукьянец, 1972). Многие породные отвалы, расположенные в лесной зоне, при наличии вблизи источников заноса семян хорошо зарастают древесной растительностью естественным путем. Особенно удачно такое «лесное самозарастание» идет в Карпинско-Волчанском районе на железнодорожных отвалах буро-угольных разработок (см. рис. 1).

Хотя по вопросам самозарастания отвалов при открытой разработке каменного и бурого угля имеется уже значительная литература, как отечественная (Тарчевский, 1961, 1964, 1967; Тарчевский, Чибрик, 1968, 1969, 1970; Леонтьев, 1965а, 1965б; Моторина и Ижевская, 1967; Моторина, 1970; Бондарь, 1971), так и зарубежная (Hrabetova — Uhrova, 1955; Václav, 1956; Creszta, 1957; Hall, 1957; Skawina, 1958; Limstrom, 1960; Sawyer, 1962; Josef, 1970), многие вопросы еще остаются неосвещенными. Большинство авторов только констатирует факт зарастания отвалов древесной растительностью, указывая виды поселяющихся растений. Данные о сроках и условиях зарастания, росте и развитии молодых лесных



Рис. 1. Естественное зарастание древесной растительностью отвалов, образованных при открытой добыче бурого угля.

сообществ, их устойчивости и производительности. весьма ограничены и отрывочны. В наших исследованиях, проведенных в 1971 г. в Карпинско-Волчанском буроугольном бассейне под руководством проф. Б. П. Колесникова, мы сосредоточили внимание именно на этих вопросах. Метод исследований — маршрутный с детальным описанием по общепринятой методике наиболее интересных облесенных участков с закладкой ленточных таксационных пробных площадей на трансектах, пересекающих отвал.

На Богословском, Веселовском и Волчанском буроугольных месторождениях с 1911 г. ведутся большие разработки открытым способом и накопились большие площади отвалов различного характера (около 3500 га по данным Денисова и Шауфлера, 1969; Красавина, Денисова и Шауфлера, 1970).

Месторождения расположены на севере Свердловской области в предгорной полосе Северного Урала в подзоне средней тайги лесной зоны (Колесников, 1960; Прокаев, Колесников, 1963). В окружающих лесах господствуют сосняки — брусничниковые и ягодниковые III—IV бонитета и производные от них сосново-березовые и березовые насаждения (Маслаков, 1964, 1968; Маслаков, Колесников 1968).

Климат Карпинского района благоприятен для лесной растительности. Среднегодовое количество осадков по данным метеостанции города Карпинска сравнительно невелико (около 500 мм),

но большая часть их выпадает летом (около 300 мм), причем из-за невысокой среднегодовой температуры, и особенно за вегетационный период (среднемесячная температура июля $+17,1^{\circ}\text{C}$), испарение незначительно (Справочник по климату СССР, 1968). Засушливых периодов в течение года почти не бывает, влажность почв, даже на дренированных местоположениях, всегда достаточна для произрастания древесной растительности. В районе преобладают маломощные подзолистые и горно-подзолистые почвы легкого механического состава, бедные азотом и фосфором. В понижениях рельефа обычны подзолисто-глеевые и болотные почвы (Фирсова, 1969).

Отвалы при открытой добыче каменного угля состоят из гетерогенной смеси материнских горных пород, совершенно различных по химическому и механическому составу, агрохимическим и физическим свойствам. Перемешаны в разнообразных пропорциях палеозойские (известняки, кремнисто-глинистые и глинистые сланцы, реже песчаники), мезозойские (в основном бокситовидные и брекчиевидные глины, песчано-глинистые отложения с включением частиц угля), кайнозойские (озерно-болотные, аллювиальные и делювиальные образования, — суглинки и супеси преимущественно). Наиболее распространены четвертичные отложения озерно-болотных фаций. Породные прослои и междупластья представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками и конгломератами (Денисов, Шауфлер, 1969).

Наиболее благоприятны для биологической рекультивации грунты с большим содержанием пестроцветных и озерно-болотных четвертичных глин и суглинков. Они содержат значительные количества элементов питания, и на них в потенции могут образоваться относительно плодородные почвы. Песчаные грунты, наоборот, бедны питательными веществами и имеют малую влагоемкость. Наиболее неблагоприятными для биологической рекультивации являются грунты с большим содержанием углистых включений, которые часто содержат высокий процент пирита, при выветривании которого образуются бесплодные, фитотоксичные грунты. Плотные песчаники, вынесенные на поверхность, легко выветриваются и через 3—5 лет превращаются в мелкий щебень и песок. Эти грунты, как правило, нетоксичны, и на отвалах, сложенных с поверхности ими, в зависимости от механического состава и агрохимических свойств грунтов, растительность может появиться на 2—5-й год после прекращения отсыпки.

По внешнему виду железнодорожные отвалы представляют собой более или менее выровненную поверхность с длинно-вытянутыми узкими повышениями и понижениями. Многие отвалы очень высоки (до 30 м) и сложены в 1—3 яруса, занимают значительную площадь (до 350 га и более), с очень крутыми склонами ($30\text{--}40^{\circ}$), которые подвержены сильной водной эрозии. Общая характеристика отвалов Карпинско-Волчанского района дана в табл. 1, а размещение отвалов Богословского месторождения —

на рис. 2. Активная биологическая рекультивация их требует больших затрат, так как необходимо проведение сложной горнотехнической реультивации. Более подробно охарактеризованы нами экологические условия и процесс самозарастания древесной растительностью Северных Богословских отвалов № 10 и № 12 (Карпинские), а также Южного Веселовского, как наиболее типичных и представительных.

Северные отвалы Богословского месторождения (№ 12 и 12в, 5 и 5в) наиболее трудны для биологического освоения. В боль-

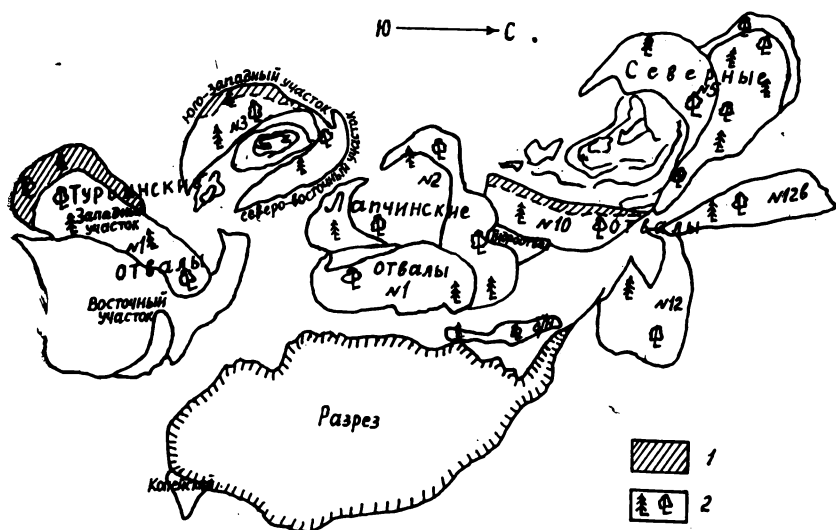


Рис. 2. Схема расположения Карпинских отвалов Богословского месторождения:

- 1 — участки успешного самозарастания древесной растительностью; 2 — участки, покрытые редколесьем.

шинстве они сложены крупноглыбистым материалом, преимущественно известняками. Грунты бедны калием (5—12 мг K_2O на 100 г грунтосмеси) и фосфором (3—6 мг P_2O_5 на 100 г), реакция среды слабощелочная (рН 7,2—7,8).

Отвал № 12 (площадь 156 га, формирование его производилось с 1954 по 1963 г.) имеет высоту 5—30 м и углы склонов от 20° до 35°. С северной и южной стороны к нему на удалении от 2 до 50 м подходят сомкнутые средневозрастные и молодые насаждения сосняка ягодникового (8СІЕІВ+Л, ед. Ос, Ив) с хорошо выраженным подлеском (можжевельник, роза иглистая, жимолость синяя). На большей части отвала травянистая растительность очень разреженная. Только в микропонижениях встречаются кипрей, мать-и-мачеха, овсяницы красная и овечья. Задерненность и общее покрытие травянистой растительностью составляет око-

Характеристика отвалов Карпинско-Волчанского района

Название	Состояние	Высота насыпи, м	Угол склонов, град.	Преобладающие грунты на поверхности
Богословское месторождение (около 2000 га)				
Лапчинские (№ 1, 2, б/н)	действующие—15—20-летние	10—35	30—37	аргиллиты, песчаники
Турьинские (№ 1 и 3, Копейский)	действующие—20—30-летние	10—12	28—37	глины, аргиллиты, песчаники
Северные (№ 5 и 5в, 10, 12 и 12в)	действующие—17—25-летние	3—35	20—35	известняки
Веселовское месторождение (около 500 га)				
Северные	2—22-летние	10—28	30—37	песчаники, аргиллиты, глины
Южный	5—13-летние	3—24	25—37	то же
Волчанское месторождение (около 1250 га)				
Волчанские (№ 2, 3, 5)	действующие—13—17-летние	22—27	30—40	глины

ло 10%. На той части отвала, где отсыпка закончена в 1963 г., довольно много 2—3-летних всходов березы бородавчатой и пушистой, изредка встречаются всходы сосны, ели, осины, ив козьей и финиколистой, а также единичные кусты цветущего ракитника русского. Всходы и более взрослые древесные растения имеют отчетливые следы систематического обкусывания домашними животными, ежегодно выпасаемыми на отвале. В среднем на 1 м² найдено по 2 всхода и сеянца древесных пород, что в пересчете на 1 га составляет 20 000 экземпляров. Общее состояние всходов и сеянцев хорошее, возраст их от 1 до 5 лет. Эти данные позволяют утверждать, что при условии прекращения выпаса скота на этой части отвала возможно образование березовых молодняков с примесью сосны, которые в дальнейшем могут смениться сосновым насаждением невысокой продуктивности.

Часть этого отвала, на которой отсыпка закончена в 1958 г., в гораздо большей степени покрыта травянистой растительностью. Задерненность составляет 70%, общее покрытие — 80%. В основном преобладают овсяница красная и овечья (сор., высота их в конце июня 20—25 см); во втором подъярусе (высота до 15 см) поселилась мать-и-мачеха (sp), пятнами в микропонижениях — клевер белый, единично встречаются бодяк полевой и земляника лесная. С южной стороны эту часть отвала на удалении 50 м

окружает лес в возрасте 27—30 лет, но уже плодоносящий. Всходов и семян древесных растений на отвале почти нет, единично встречаются молодые растения сосны, осины, ели, лиственницы, березы, ивы козьей и малины, которые ежегодно повреждаются домашним скотом. По-видимому, плохое заселение ими отвала обусловлено тем, что когда 13 лет назад была закончена отсыпка, деревья в лесу около отвала еще не плодоносили, а теперь внедрению древесных растений препятствует большая задерненность грунта и стравливание всходов скотом.

На отвале, где отсыпка грунта закончена в 1955 г., т. е. более 15 лет назад, задерненность и покрытие травянистой раститель-

Таблица 2

**Показатели роста древесных растений
на 16-летней части Северного отвала № 12**

Вид	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр у корневой шейки, см	Средний диаметр кроны, см
Сосна	13	66	7,0	120
Лиственница	13	60	4,8	80
Ель	12	35	1,5	45

ностью также достигает 80%. Здесь уже сформировался овсянищевый (овсяница красная) сомкнутый фитоценоз с единичными включениями пятен мать-и-мачехи (sol). С южной стороны этой части отвала на удалении 10 м расположен лес в возрасте 25—30 лет с одиночными более старыми деревьями. К лесу отвал спускается тремя террасовидными уступами, каждый высотой по 2 м и углом склона 15—20°. Крайняя точка отсыпки 1955 г. удалена от леса на 70 м к северу. На отвале встречаются одиночные молодые сосны (5—10 м одна от другой), а также лиственница и ель. Хотя возраст этих деревьев (табл. 2) довольно большой, они невысокие из-за ежегодного повреждения домашним скотом, с густой шаровидной кроной. Всходов и семян древесных растений на отвале почти нет ввиду большой задерненности. Лишь на оголенных местах, где нет травянистого покрова, единично встречаются 3—6-летние березки, рябинки, а также малина, ива козья и спирея средняя.

Северный Карпинский отвал № 10 (площадь 110 га, высота от 2 до 29 м, углы склонов 25—30°) начал формироваться с 1949 г и отсыпка его закончена в 1958 г., т. е. самой молодой части отвала в момент исследования было 13 лет и самой старой — 22 года (см. профиль отвала в направлении с запада на восток на рис. 3). С его западной стороны на удалении 50 м простирается сомкнутый (0,9) разнотравный смешанный лес (5С30с2Б+Е,П,Л,К), средневозрастной, с подлеском из рябины, кизильника одноцвет-

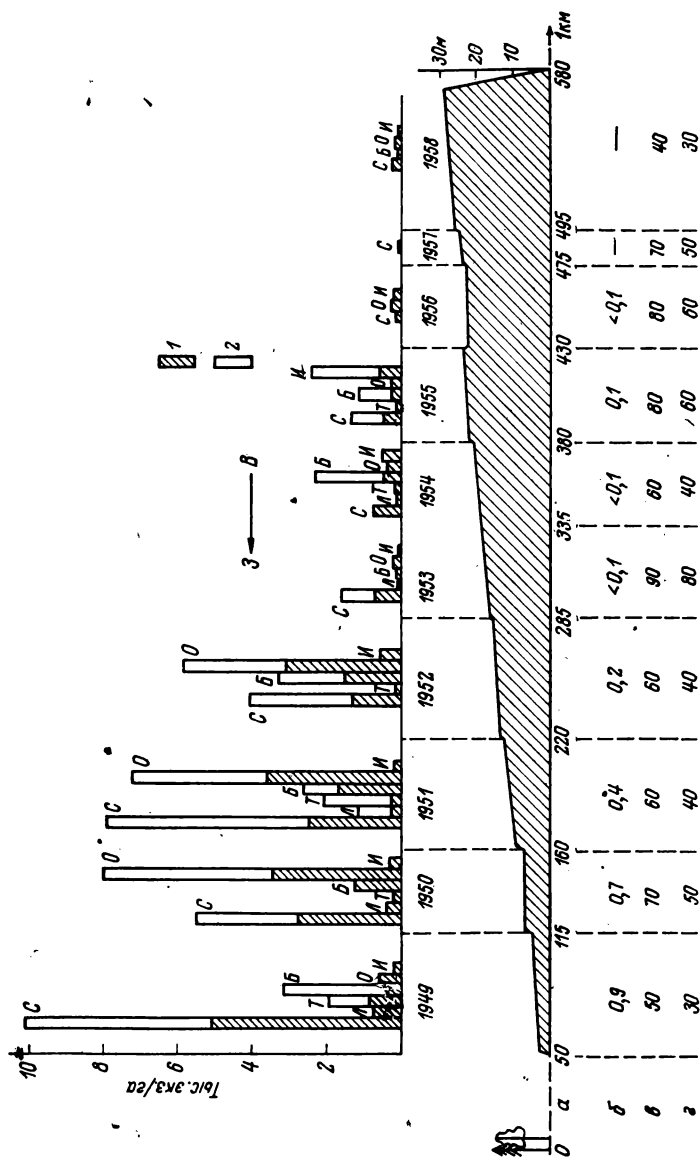


Рис. 3. Характеристика зарастания растительностью Северного отвала № 10

1 — количество подроста (5—20 лет); 2 — то же всходов и самосева (1—5 лет) 1949, 1950...1958-годы отсылок грунта; С — сосна, Л — лиственница, Т — темнохвойные (ель, пихта, кедр), Б — береза, О — осина, И — ива; а) расстояние от стены леса (м); б) сомкнутость древостоя; в) покрытие травянистыми (%); г) задернованность (%).

кового, жимолости синей, розы иглистой, спиреи, ивы козьей и других ив, малины. Деревья и кустарники в лесу плодоносят, и между отвалом и лесом, в полосе шириной около 50 м, расположены группы подроста осины, березы, сосны, ели и других древесно-кустарниковых растений в возрасте до 10 лет (высота до 6 м). С восточной стороны отвала расположен действующий гидроотвал, образованный пульпой после обогащения бурого угля. За ним на удалении до 500 м находится средневозрастный сосновый лес, с примесью лиственницы, ели, пихты, березы, осины, с юга же подходит действующий Лапчинский отвал № 2, а к северу за перелеском расположен Северный отвал № 12. Таким образом, поступление семян древесно-кустарниковых растений на отвал может происходить преимущественно из естественного лесного насаждения, находящегося к западу от отвала на расстоянии около 50 м от его кромки, и частично (в основном лиственных древесных растений) — из естественного лесного насаждения, находящегося к востоку от него на удалении до 1 км. Однако восточная окраина отвала имеет высоту 29—30 м, и над площадью, занятой лесом, он вздымается крутым уступом со средним уклоном 30—35°.

Отвал как бы амфитеатром снижается к западной окраине, отлого спускаясь к опушке прилегающего леса, где высота его не превышает 2—3 м. Кроме того, в районе Карпинска преобладают ветры западных румбов, особенно осенью и весной, большинство же лесообразующих древесных растений района являются анемофорами (береза, осина, ива, все хвойные, кроме кедра). Учитывая все это, можно считать, что обсеменение отвала № 10 идет преимущественно со стороны естественного леса, окаймляющего отвал с запада, а интенсивность обсеменения определяется удаленностью его частей от опушки леса и видоспецифической дальностью разноса семян ветром.

Сложен отвал известняками, по механическому составу грунт может быть отнесен к каменистому материалу, песку и глине, часто встречаются каменные глыбы в поперечнике до 0,5 м. Цвет грунта от светло- до темно-серого. Грунт содержит ничтожное количество азота (общего азота 0—0,004%), мало подвижных форм фосфора и калия (P_2O_5) — от 0,7 до 6,5, а K_2O от 5,4 до 12,0 мг/100 г грунта); реакция среды слабощелочная — рН 7,2—7,8 (Чибрик, 1972).

Изучение хода самозаращения отвала на учетных площадках вдоль трансекта, пересекающего отвал поперек железнодорожных отсыпок (см. рис. 3), показало, что на нем из древесно-кустарниковых растений произрастают сосна, ель, пихта, лиственница, кедр, березы бородавчатая и пушистая, осина, ивы козья, трехтычинковая, чернеющая и финиколистная, рябина, роза иглистая, можжевельник, раkitник русский, жимолость синяя, малина; преобладают сосна, береза и осина.

Наиболее молодая часть отвала отсыпки 1953—1958 гг., самая высокая и удаленная от обсеменяющей стены леса, покрыта очень

разреженной древесной растительностью (см. рис. 3). На 1 га в среднем встречено 1060 всходов и семян (1—5 лет) и до 950 экземпляров 6—13-летних древесных растений. Все они имеют следы ежегодного повреждения домашними животными. Травянистая растительность злаково-разнотравная. На отсыпке 1958 г. покрытие ею площади равно 40%, причем и травянистая и древесная растительность поселяются преимущественно в микропонижениях рельефа, где лучше водный и питательный режимы. На площади же отсыпки 1953 г. покрытие достигает уже 90% при малом участии древесных растений (сомкнутость менее 0,1). Более сомкнутый древесный покров (0,3—0,4) сформировался на отсыпках 1951—1952 гг. На 1 га здесь в среднем имеется около 10 тысяч всходов и семян (1—5 лет) и почти 7500 подроста и молодых древесных растений (6—18 лет). Преобладают также сосна, береза и осина, но последняя, в основном, представлена растениями более молодыми, чем сосна и береза (диаметр у корневой шейки до 3 см). Возможно, это обусловлено обкусыванием ее пасущимся домашним скотом, а зимой — лосями и зайцами, по сообщениям местных жителей, часто встречающимися на отвалах. Сосны, достигшие возраста 16 лет, уже начали плодоносить. Травянистая растительность также разнотравно-злаковая, проективное покрытие его снижено до 60% в связи с затенением древесной растительностью.

Самая старая часть отвала отсыпки 1949—1950 гг. (13 га) расположена у западной кромки отвала в непосредственной близости к естественному лесу. По внешнему виду ее растительность напоминает настоящий молодой сосновый лес с возрастом сосен до 20 лет при диаметре у корневой шейки до 20 см. Грунт покрыт лесной подстилкой мощностью 1—1,5 см, под которой начал формироваться гумусовый горизонт. Около сосен часто попадаются плодовые тела гриба масляника (*Boletus luteus* L.). Древостой очень густой, среднее расстояние между деревьями 1—1,5 м, сомкнутость крон и полнота древостоя 0,9. Жизненность деревьев и кустарников хорошая, сосны в возрасте 16 лет плодоносят. На 1 га в среднем имеется 8080 всходов и семян (1—5 лет) и 7800 стволов молодых древесных растений (6—20 лет). Состав древостоя от 10С (часть отвала отсыпки 1949 г.) и до 3С40с2БIIВ+ +Е,Л,ед.П (отсыпка 1951 г.). Травяной покров представлен бобово-злаково-разнотравным сообществом с проективным покрытием 50—70%. Преобладают овсяница луговая в смеси с пыреем и мятликом луговым, а также обильны пятна мать-и-мачехи и клеверов (белого и розового); из собственно лесных растений единично и группами встречаются костяника, герань лесная, земляника, хвощ лесной. Небольшими латками встречаются мхи, в том числе *Polytrichum* sp. и *Dicranum* sp. Поселение древесной и травянистой растительности в этой части отвала идет по всей площади, но, в первую очередь, в микропонижениях и между крупными камнями, где, по-видимому, складываются более благоприятные условия.

ятные экологические условия (больше влаги и питательных элементов, лучше задерживаются семена и закрепляются всходы). С другой стороны, вершины гребней и других микроповышений часто оголены, даже на наиболее старых по возрасту отсыпках (плохой водный и питательный режим, выдувание семян и зачатков растений, водная эрозия).

Анализ данных учетных площадок, заложенных на трансекте через отвал (см. рис. 3), и материалы по ходу роста сосны (рис. 4 а и б), а также визуальные наблюдения, позволяют сделать вывод, что на отвале № 10 к настоящему времени сформировались в основном два основных биотопа А и Б (типа лесорастительных условий), отличающиеся по характеру покрывающей их древесной растительности. Граница между ними хорошо заметна и проходит примерно по рубежу между отсыпками 1951/52 и 1953/54 гг., т. е. почти по середине отвала на нашем трансекте (285 м от западной точки).

Заселение сосной ближайшей к лесу полосы (отсыпки 1949—50 г., ширина полосы до 160 м) началось уже со 2—3-го года после окончания работ на ней (максимальный возраст модельных экземпляров сосны равен 20 годам при высоте 6,8—7,8 м и диаметре у шейки корня 6—20 см) и идет непрерывно по настоящее время (численность всходов и самосева древесных растений в возрасте до 5 лет составляет 7,3—8,9 тыс. на 1 га, в том числе сосны 2,8—5,0). На следующих отсыпках 1951/52 гг. (ширина полосы 160—285 м) количество сосны в древесном ярусе заметно снижено, но возрастает численность лиственных пород (особенно осины) и общая сомкнутость древостоя, кроме самой опушки, не опускается ниже 0,4—0,3. На этой полосе отвала (биотоп А) возникло настоящее лесное сомкнутое сообщество, почти одновозрастное (средний возраст сосны от отсыпки 1949 г. к отсыпке 1952 г. колеблется в интервале 14—10 лет), причем на отдельных участках сосна либо уже доминирует, либо ей принадлежит сейчас роль эдификатора.

За границу этой полосы, внутрь отвала и на его восточную окраину, семена сосны и других древесных растений попадали в значительно меньшем количестве, и там в результате возникло редколесье (биотоп Б) с преобладанием лиственных пород (береза, ива, в меньшей мере — осина). По-видимому, из-за относительно более мощного развития травянистой растительности (проективное покрытие 70—90, задерненность 40—80%) самосев древесных растений здесь малочислен, а на наиболее молодых и крайних восточных отсыпках 1956—1958 гг. его почти нет (эту полосу, возможно, следует выделить в особый биотоп, бесперспективный на ближайшее время для естественного зарастания древесной растительностью). Кроме того, весьма вероятно, что ограниченное поступление семян древесных растений на биотоп Б обусловлено еще и «перехватом» их полосой сомкнутого древостоя, возникшего в границах биотопа А. Дальнейшее заселение древесными растениями биотопа Б, очевидно, будет идти со стороны древостоя А,

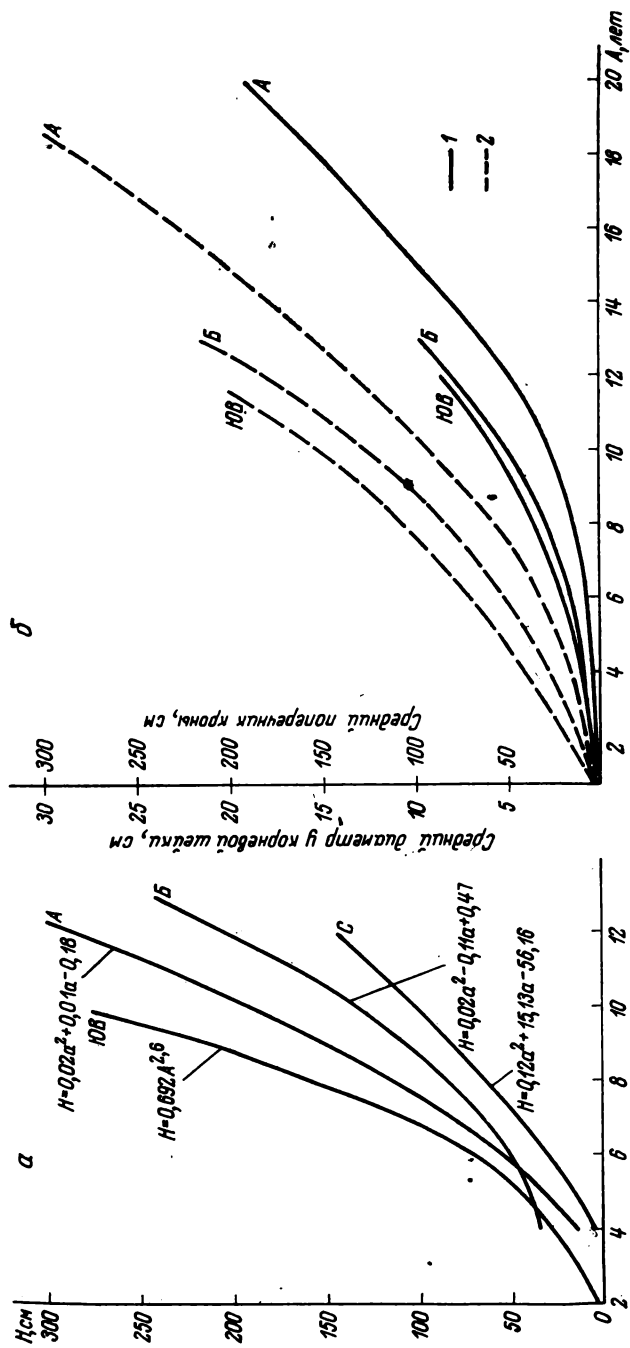


Рис. 4. Ход роста сосны на Северном Карпинском отвале № 10 (биотопы А и Б), на Южном Веселовском отвале (ЮВ) и на вырубке сосняка бруснично-зеленомошного (С — по Е. П. Смолоногову, 1960)

а) — в высоту, б) — по диаметру у корневой шейки (1) и увеличению с возрастом поперечника кроны (2).

уже вступившего в стадию плодоношения. Весьма вероятно, что на биотопе Б в конечном итоге также сформируется сомкнутое древесное сообщество, но в отличие от древостоя А оно будет разновозрастным (два поколения).

Принципиальные различия лесорастительных условий биотопов А и Б подчеркиваются особенностями хода роста сосны. В условиях биотопа А в первые 5 лет она растет в высоту (см. рис. 4а) несколько хуже, чем в условиях биотопа Б, но, пройдя ювенильный этап развития (по Санникову, 1963, 1966), на этапе «устойчивого сеянца» и в дальнейшем сосна в биотопе А усиливает рост и быстро обгоняет сосну из биотопа Б. Рост сосны в высоту в обоих случаях наиболее правильно отражается кривыми типа параболы 2-го порядка, но соответствующие им уравнения специфичны, а именно:

$$H = 0,02a^2 + 0,01a - 0,18 \text{ для биотопа А и}$$

$$H = 0,02a^2 - 0,11a + 0,47 \text{ для биотопа Б, где:}$$

H — высота сосен, a — их возраст.

Однако рост по диаметру у шейки корня и увеличение поперечника крон у сосен из биотопа Б с первых же лет жизни отчетливо превышают аналогичные показатели сосен из биотопа А (см. рис. 4б). Очевидно, в условиях густого древостоя биотопа А из-за затененности деревья растут энергично в высоту, тогда как в биотопе Б, развиваясь «на свету», прирастают по диаметру и свободно формируют крону. В целом же лиственнично-сосновый древостой биотопа А развивается по линии III бонитета общепонитероочной шкалы, а сосново-лиственничное редколесье биотопа Б — по линии IV бонитета. Лесорастительные условия первого ближе всего подходят к лесорастительным условиям сосняков брусничниковых, для которых в предгорьях Северного Урала, по Е. Л. Маслакову (1964), характерен III бонитет. В сравнении с ходом роста молодняков сосны на сплошных и концентрированных вырубках в сосняках брусничниковых Зауралья сосново-лиственничный древостой биотопа А растет лучше, чем на вырубках южнотаежной подзоны Среднего Урала и Зауралья (Смолоногов, 1960; рис. 5а), и подобно сосне, растущей на вырубках подзоны сосново-березовых лесов в Припышминских борах (Санников, 1960, 1963). Отметим также, что рост стержневого корня у сосны на отвале в биотопе А идет теми же темпами, что и на вырубках сосняка брусничникового. У однолетних всходов к концу вегетационного периода его длина достигает 15—18 см, у трехлетних растений — 28—30 см, а в Припышминских борах, по С. Н. Санникову (1960), — соответственно 10—12 и 25—35 см.

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод, что отвалы Карпинского района при определенных условиях, прежде всего при наличии близких источников обсеменения, вполне успешно и достаточно быстро зарастают продуктивной древесной растительностью. Аналогичные соображения можно высказать и относительно процессов самозарастания внешних железнодорожных

отвалов Веселовского месторождения бурого угля (Северные — 351 га и Южный — 154 га), расположенных юго-западнее и севернее разреза в 3,5—4 км. Веселовское месторождение бурого угля находится в 6 км к югу от города Карпинска. Отвалы недействующие; отсыпки грунты на Северных отвалах производились в 1949—1969 гг., на Южном в 1958—1966 гг. Высота отвалов соответственно равна 10—28 и 3—24 м, крутизна склонов 30—37°. В составе поверхностных грунтов преобладают песчаники, аргиллиты, реже глины, причем на Северных Веселовских отвалах глин меньше, чем на Южном, так как вскрыша с верхних горизонтов карьера поступала на последний, а с нижних горизонтов — на Северные.

Агрохимические показатели грунтов Южного отвала, по данным Т. С. Чибрик (1972), приведены в табл. 3. Как видим, грунты со-

Таблица 3

Агрохимические показатели (мг/100 г) и кислотность грунтов Южного Веселовского отвала

Грунты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH водный
Желтые (ожелезненные пески) . .	5,2—5,5	4,0—11,4	4,3—5,3	4,0—6,2
Серые (с включением частиц угля)	4,1—5,5	11,8—14,7	7,0—7,6	5,6—5,7
Серые (аргиллиты, песчаники) . .	4,1—8,3	7,5—22,0	5,5—9,8	5,6—7,5

держат среднее количество легко усвояемого растениями гидролизующего азота, бедны калием, средние и хорошо обеспечены подвижными формами фосфора, реакция среды — от сильнокислой до слабощелочной. По сравнению с грунтами Северного Карпинского отвала № 10 грунты Южного Веселовского содержат больше питательных веществ (за исключением калия) и легче по механическому составу, что особенно важно для роста сосны. Наиболее пригодны для древесной растительности серые грунты (аргиллиты, песчаники), которые и по площади занимают две трети отвала.

Более старая часть Северных Веселовских отвалов отсыпки 1949—1958 гг. покрыта древесной растительностью в возрасте 12—20 лет. Преобладает сосна, единично встречаются ель, березы бородавчатая и пушистая, сомкнутость до 0,7, жизненность деревьев хорошая. Под древесным пологом удовлетворительно возобновляются все основные древесные растения, в среднем на 1 га насчитывается до 15 тыс. их подроста. В подлеске обычно ивы (козья, пепельная, черничная, прутьевидная, чернеющая и трехтычинковая), жимолость синяя, роза иглистая. Травяной покров развит умеренно, злаково-разнотравный при преобладании луговых и, отчасти, лесных видов. На грунте отвала начал формироваться почвенный покров, в разрезе слегка просматриваются верхние горизонты почвы. На поверхности ее имеется подстилка мощностью 1—1,5 см. Встречается гриб масляник настоящий.

Более молодые части Северных Веселовских отвалов, на которых отсыпка производилась в 1959—1969 гг., покрыты разреженной травянистой растительностью и редколесьем из сосны (преобладает), ели, лиственницы, берез, осины, ивы (козья, пепельная, чернеющая, черничная, трехтычинковая, прутьевидная), ракитника русского. Многие деревья повреждены домашними козами и отмирают.

Изучение хода самозарастания древесной растительностью Южного Веселовского отвала велось по трансекте, проходящей поперек железнодорожных отсыпок 1958—1966 гг. по азимуту 30° (рис. 5). У юго-восточного обрывистого и высокого подножия отвала произрастает средневозрастной сомкнутый елово-сосновый лес с примесью пихты, березы, осины, а на опушке — с зарослями ивы, в 50 м от его северо-западной сниженной окраины также располагается участок леса с преобладанием ели и пихты и примесью березы, осины, одиночной сосны. На отвале встречены все названные древесные породы, а также лиственница, ольха и из кустарников ивы (козья, пепельная, ломкая, черничная и трехтычинковая), ракитник русский, роза иглистая, малина обыкновенная. Надо заметить, что выпас скота на отвале не производится.

Из-за легкого механического состава грунта на поверхности отвала, особенно вдоль окраины отсыпок и на их уступах, выражена плоскостная и линейная эрозия. Эродируют также все повышенные элементы микро- и мезорельефа. На сильно эродированных участках и в понижениях, заполненных свежим смытым грунтом, растительность отсутствует или сильно разрежена. Однако именно с понижений, не заполненных продуктами эрозии, в первую очередь начинается заселение отвала травянистой растительностью и всходами древесных растений. При этом сосна появляется на отвале уже на 2—3-й год, а лиственные породы (береза, ивы) — даже в год прекращения отсыпки грунта. На молодых частях отвала (отсыпки в возрасте до 10 лет) преобладают растения-пионеры (мать-и-мачеха, кипрей, клевер белый), образующие разреженные пионерные группировки (покрытие 5—40%); на более старых отсыпках (12—13 лет) уже сформировались относительно сомкнутые (покрытие 70—80%) бобово-злаковые сообщества с преобладанием вейника наземного и щучки дернистой, местами кипрея. Однако растения располагаются пятнами и группами, избегая эродируемых повышений микрорельефа.

Заселение отвала древесной растительностью имеет некоторые особенности. Юго-восточный край отвала имеет высоту 24 м при крутизне склона 37°, что по классификации А. П. Красавина и Ю. И. Денисова (1969) соответствует очень крутому откосу. На склоне отчетливо выражены следы водной и ветровой эрозии и он почти полностью лишен растительности; только изредка встречаются куртинки мать-и-мачехи — пионер первоначального заселения отвалов (Тарчевский, 1966 и др.) и одиночные 1—2-летние всходы сосны и ивы козья.

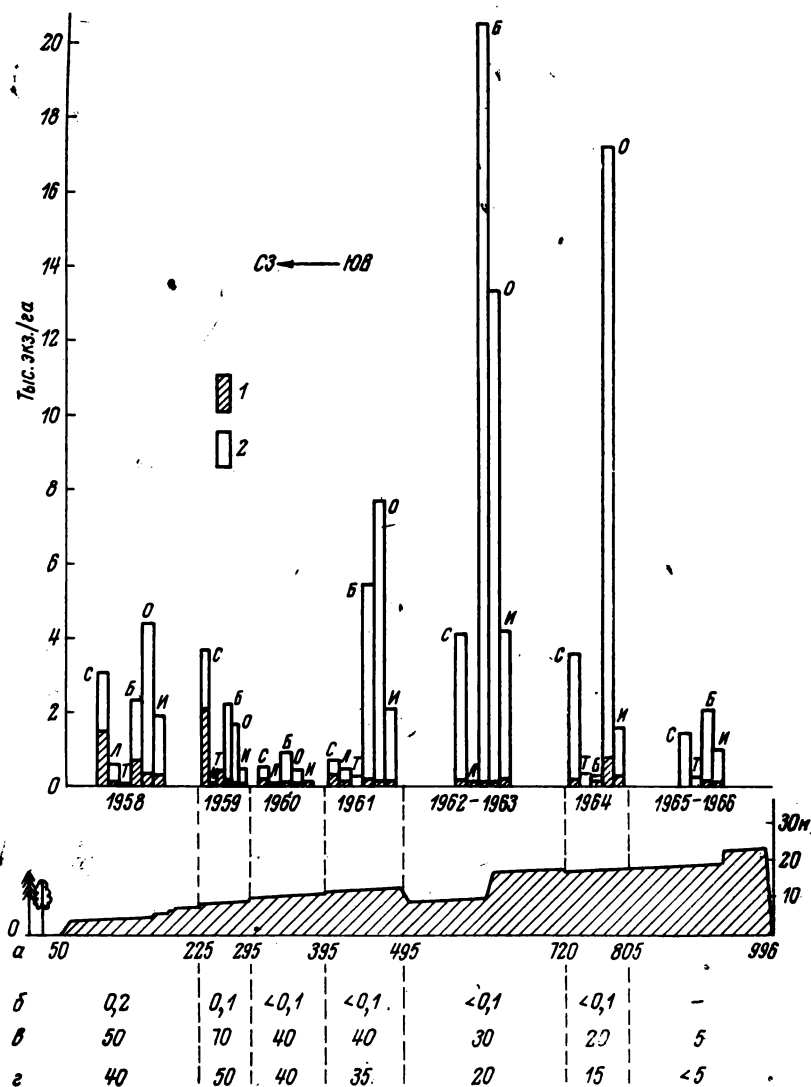


Рис. 5. Характеристика зарастания растительностью Южного Веселовского отвала. Условные обозначения см. рис. 3.

Более старая северо-западная часть отвала (отсыпки 1958—1959 гг., возраст 13—12 лет) покрыта слабосомкнутым смешанным молодняком при преобладании сосны. Источником поступления семян на эту часть отвала является близко расположенный участок пихтово-елового леса с участием сосны и березы. Однако ель и пихта в составе подроста на отвале почти отсутствуют, а среди всходов и самосева представлены единично. Очевидно, экологические условия отвала не отвечают требованиям этих влаголюбивых темнохвойных пород. Подрост на отвале размещен полосами; участки с более плотным заселением его при сомкнутости 0,3—0,2 чередуются с участками, на которых подрост представлен единичными экземплярами. Последние приурочены к более эродированным пространствам или к понижениям со скоплениями эрозийного материала, где и травянистая растительность также изрежена (выделы 10 и 8). Наибольшее количество подроста и самосева древесных растений, в том числе сосны, обнаружено на расстоянии 140—170 м от стены леса (выдел 9); к центру отвала численность древесных растений заметно уменьшается. Наименьшая численность их отмечена на отсыпке 1960 г. (выдел 5), расположенной на расстоянии 300—400 м от ближайшей стены леса. Впрочем, некоторое влияние на снижение численности подроста на этой отсыпке оказала полосная механизированная посадка 2-летних саженцев сосны, произведенная Карпинским лесхозом весной 1970 г.¹

Начиная с отсыпок 1960 г. (11 лет) и далее к юго-западной окраине отвала наблюдается резкое снижение численности подроста древесных растений, представленных единичными экземплярами (0,4—1,2 тыс. на га) при заметном сокращении доли участия сосны в его составе. Особенно мало древесных растений на самых крайних отсыпках 1965—1966 гг., расположенных ближе всего к соседней стене леса. Однако общее количество всходов и самосева древесных растений, при явном преобладании в их составе лиственных пород, достаточно велико и даже обильно (41,6 тыс. на га на отсыпке 1962—1963 гг.). Они преимущественно концентрируются в понижениях микрорельефа и представлены однолетними всходами, вероятность приживаемости которых очень низка. Таким образом, лесной массив, вплотную прилегающий к отвалу с юго-востока, почти не участвует в обсеменении его сосной, выполняя эту функцию только для лиственных пород с их более легкими семенами. Вероятно, это следует объяснять тем, что кроны сосен (около 20—22 м) прилегающего лесного массива находятся ниже верхней кромки этой части отвала (24 м). Кроме того, занос семян на отвал затруднен в связи с преобладанием в районе города Карпинска ветров северных румбов над ветрами юго-восточными. Поэтому главная роль в обсеменении Южного Веселовского от-

¹ Учет посадок, произведенный нами летом 1971 г., показал их хорошую приживаемость (около 93%); отмирание саженцев отмечено только там, где проявилось действие водной эрозии.

вала принадлежит северо-западному лесному участку, а не юго-восточному.

В связи с этим естественное облесение юго-восточной части отвала, очевидно, будет идти очень медленно и преимущественно листовыми породами с формированием разновозрастного и изреженного древостоя, как это отмечено нами для биотопа Б на Северном Карпинском отвале № 10.

Обработка 75 модельных экземпляров сосны показала (см. рис. 4а), что на всем отвале ход роста в высоту однотипен и характеризуется кривой степенной параболы, которую можно выразить (Успенский, 1960) следующим эмпирическим уравнением:

$$H = 0,692A^{2,6},$$

где H — высота, A — возраст.

Формируется относительно одновозрастной древостой, развивающийся по линии I бонитета, т. е. гораздо лучше, чем древостой Северного Карпинского отвала № 10 (см. рис. 4а). То же относится и к ходу роста сосны по диаметру (см. рис. 4б). Аналогично идет и формирование стержневого корня у сеянцев древесных растений, но боковые корни осины, березы и ивы располагаются вблизи самой поверхности грунта и имеют большую длину (3-летняя осина — до 250 см, 3-летняя ива — до 70 см, береза 5-летняя — до 192 см). Осина, кроме того, хорошо размножается вегетативным способом от корневых отпрысков, особенно вблизи эродированных участков грунта. На 2-метровом боковом корне осины обнаруживалось до 3—4 корневых отпрысков.

В интересах экономии места опускаем характеристику экологических условий и хода самозарастания древесной растительностью Турьинских и Лапчинских отвалов Богословского месторождения и отвалов Волчанского месторождения. Во всех случаях, когда такое самозарастание наблюдается, его интенсивность и результативность находятся в прямой зависимости от удаленности источников семян, от зарастаемого участка отвала, доступности последнего для поступления семян, степени и систематичности повреждаемости растительности, формирующейся на отвалах, домашними животными. Когда обсеменители досаточно близки (до 300 м), занос семян от них возможен, а выпас скота умеренный или отсутствует, такие участки обычно в периферийной полосе отвалов вполне удовлетворительно зарастают древесными растениями (сосна, береза, осина) с образованием к возрасту около 20 лет сомкнутых (до 0,8) молодых насаждений, ход роста которых колеблется в интервале IV—I классов бонитета (чаще III) и зависит от физико-механических и агрохимических свойств грунта. Таким образом, производительность возникающих естественным путем на отвалах молодых сосновых и сосново-березовых насаждений несколько выше среднего показателя по подзоне средней тайги предгорной провинции Урала (II,9—III,6), в пределах которой расположен Карпинско-Волчанский буроугольный бассейн, и заметно

выше среднего показателя по сосновым лесам Свердловской области (III,2 по Колесникову, 1969).

Самозаращение отвалов древесной растительностью начинается со 2-го года после прекращения отсыпок грунта и первоначально сосредоточивается в понижениях микро- и мезорельефа и на плоских поверхностях. Значительно хуже зарастают вершины бугров и склоны отвалов, находящиеся под постоянным воздействием плоскостной и линейной водной эрозии. Центральная часть отвалов и отсыпки их, по высоте превышающие высоту деревьев лесных участков, откуда возможен занос семян ветром на отвал, зарастают медленнее всего. Там образуются редины или появляются лишь одиночные древесные растения, преимущественно лиственных пород (береза, осина, ива), имеющих более легкие семена.

Исключительно неблагоприятное влияние на процесс самозаращения отвалов древесной растительностью оказывает выпас на них домашнего скота (крупный рогатый скот, козы, овцы). Практически выпас полностью парализует самозаращение, появляющиеся всходы и молодые древесные растения либо погибают, либо уродуются, приобретают кустарниковую форму. Очевидно, на отвалах, имеющих условия для естественного лесозаращения, выпас скота недопустим до момента смыкания крон у молодых формирующихся насаждений, т. е. по меньшей мере в течение 15—20 лет после окончания отсыпки грунта.

В конечном итоге, можно сделать вывод, что на отвалах бурогольных месторождений, образованных нетоксичными грунтами (четвертичные суглинки и супеси) и расположенных в лесной зоне в окружении лесной растительности, для их периферических частей допустима ориентация на естественное самозаращение древесной растительностью. Это позволит заметно снизить общие расходы по биологической рекультивации таких отвалов. В центральной же части отвалов, куда невозможен естественный занос семян древесных растений в достаточных количествах, лесные культуры хвойных пород (сосна, лиственница) можно создавать способом посадки 2-летних саженцев, начиная со 2—3-го года после окончания отсыпки грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

Бондарь Г. А., 1971. О процессе естественного зарастания отвалных пород бурогольных и железорудных карьеров. В сб. «Растения и промышленная среда». Киев, «Наукова думка».

Денисов Ю. И., Шауфлер А. Н., 1969. Современное состояние и перспективы развития открытых работ на угольных месторождениях Урала и Кузбасса. В сб. «Основные вопросы восстановления нарушенных территорий при открытой разработке угольных месторождений Урала и Кузбасса». Челябинск, НИИОГР.

Дороненко Е. П., Элькин А. Я., 1970. Горнотехническое восстановление нарушенных территорий и задачи исследовательских и проектных работ. В сб. «Симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий». Лейпциг.

Колесников Б. П., 1960. Естественнo-историческое районирование лесов (на примере Урала). В сб. «Вопросы лесоведения и лесоводства. Доклады на V Всемирном лесном конгрессе». М., АН СССР.

Колесников Б. П., 1969. Леса Свердловской области. В кн. «Леса СССР», т. 4. М., «Наука».

Колесников Б. П., Пикалова Г. М., 1970. Некоторые результаты работы лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск, «Наука».

Красавин А. П., Денисов Ю. И., 1969а. Технологические основы рекультивации внешних отвалов. В сб. «Основные вопросы восстановления нарушенных территорий при открытой разработке угольных месторождений Урала и Кузбасса». Челябинск, НИИОГР.

Красавин А. П., Денисов Ю. И., 1969б. Экономическая эффективность восстановления территорий, нарушенных открытыми работами. «Горный ж.», № 10.

Красавин А. П., Денисов Ю. И., Шауфлер А. Н., 1970. Динамика нарушений земной поверхности при открытой добыче угля в районе Урала и Кузбасса. В сб. «Основы горнотехнической рекультивации и породных отвалов». Челябинск, НИИОГР.

Леонтьев Г. Н., 1965. Естественное зарастание отвалов открытых разработок угля Райчихинского месторождения. В сб. «VIII конференция молодых ученых Дальнего Востока». Владивосток, СО АН СССР. Дальневосточный филиал им. В. М. Комарова.

Леонтьев Г. Н., 1965. К инвентаризации и типизации отвалов юга Дальнего Востока. В сб. «VIII конференция молодых ученых Дальнего Востока». Владивосток, СО АН СССР. Дальневосточный филиал им. В. М. Комарова.

Лукьянец А. И., 1972. Эколого-географические закономерности естественного зарастания древесной растительностью промышленных отвалов Свердловской области. В сб. «На встрече молодых географов». Иркутск, СО АН СССР.

Маслаков Е. Л., 1964. Естественное возобновление концентрированных вырубок в сосновых лесах междуречья Сосьвы и Ляли (Среднетаежная подзона Зауралья). Автореф. канд. дисс. Свердловск.

Маслаков Е. Л., 1968. К методике учета естественного возобновления. В сб. «Леса Урала и хозяйства в них», вып. 1. Свердловск. Уральская лесная опытная станция.

Маслаков Е. Л., Колесников Б. П., 1968. Классификация вырубок и естественное возобновление сосновых лесов среднетаежной подзоны равнинного Зауралья. В сб. «Леса Урала и хозяйство в них», вып. 1. Свердловск, Уральская лесная опытная станция.

Моторина Л. В., Ижевская Т. И., 1967. О связи растительности с грунтами при естественном зарастании отвалов открытых разработок в Подмосковном угольном бассейне. В сб. «Восстановление земель после промышленных разработок». М., «Колос».

Моторина Л. В., 1970. Естественное зарастание отвалов открытых разработок. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 7. Свердловск, УФАИ СССР.

Общесобориторовная шкала и ход роста культур сосны в высоту, 1970. В сб. «Вопросы таксации молодых древостоев. (Рефераты докладов на совещании при КазНИИЛХ)». Алма-Ата, КазНИИЛХ.

Прокаев В. И., Колесников Б. П., 1963. О соотношении между физико-географическим и специализированным природным районированием (на примере Свердловской области). «Изв. Всесоюз. географ. об-ва», № 6.

Рыбин И. А., 1966. Статистические методы в биологии. Свердловск, УрГУ.

Санников С. Н., 1960. Естественное возобновление сосны на сплошных вырубках в Припышминских борах. В сб. «Вопросы развития лесного хозяйства на Урале», вып. 1. Свердловск, УФАИ СССР.

Санников С. Н., 1963. Биологические этапы индивидуального роста и развития семян самосева сосны. В сб. «Экология и физиология древесных растений Урала». Свердловск, УФАИ СССР.

Санников С. Н., 1966. Экологическая оценка естественного возобновления

сосны в Припышминских борах-зеленомошниках. Авторефер. канд. дисс. Свердловск.

Смолоногов Е. П., 1960. Естественное возобновление на концентрированных вырубках в сосновых лесах восточного склона Среднего Урала и Зауралья. В сб. «Вопросы развития лесного хозяйства на Урале», вып. 1. Свердловск, УФАН СССР.

Справочник по климату СССР, 1965, 1966, 1968, вып. 9, ч. 2, 3, 4. Л., Гидрометеониздат.

Тарчевский В. В., 1961. Наблюдения над закрытием растительностью пылящих пространств промышленных отходов в Свердловской области (предварительное сообщение). В сб. «Охрана природы на Урале», вып. 2. Пермь, УФАН СССР.

Тарчевский В. В., 1964. Промышленные отвалы и их освоение. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 4. Свердловск, УФАН СССР.

Тарчевский В. В., 1967. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах. Автореф. докт. дисс. Томск.

Тарчевский В. В., Чибрик Т. С., 1968. Изучение естественной растительности как необходимый этап биологической рекультивации при открытой добыче бурых и каменных углей. В сб. «Материалы I Украинской конференции «Растения и промышленная среда». Киев, «Наукова думка».

Тарчевский В. В., Чибрик Т. С., 1969. Закономерности формирования естественной растительности на отвалах при открытой добыче бурого угля в Челябинском угольном бассейне. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАН СССР.

Тарчевский В. В., Чибрик Т. С., 1970. Естественная растительность отвалов при открытой добыче каменного угля в Кузбассе. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск, УрГУ.

Трофимов С. С., 1971. Экология почв Кемеровской области и пути их рационального использования. Докт. дисс. Новосибирск.

Успенский А. К., 1960. Выбор вида и нахождения параметров эмпирической формулы. М., Моск. гос. эконом. ин-т.

Фирсова В. П., 1969. Лесные почвы Свердловской области и их изменения под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Свердловск, УФАН СССР.

Чибрик Т. С., 1972. Определение пригодности пород вскрыши Веселовских и Волчанских отвалов комбината «Вахрушевуголь» для целей биологической рекультивации. Отчет № 396.

Greszta J., 1957. Możliwość zagospodarowania nieużytków przemysłowych w świetle badań glebowych. "Ecol. Polska seria B.t." 3, N 2.

Hall J. G., 1957. The ecology of disused pit hespe in England. "Ecol.", 45, 3.

Hrabetova-Uhrova A., 1955. Vegetace na oslavanske halde Spisy vyd prirodoved fakult. "Mesarykovy. univ.", N 4.

Limstrom G. A., 1960. Forestation in stripmined land in the Central States. "Agriculture handbook". N 166. V.S.D.A. Forest. Service, February.

Sawer L. E., 1962. Mined area restoration in Indiana. "Soil and Water Conservation", 17, 2.

Skawina T., 1958. Przebieg rozwoju procesow glebotwórczych na zwalach kopalnictwa Węglowego. Rosz — i glebozn". Dodatek go", N 7.

Josef B. H., 1970. Untersuchungen zur biozöologischen Sukzession im ausgekohnten Kölner Braunkohlenrevier. "Natur und Landschaft", 45, N 8, 210—215.

Vaclav E., 1956. Vegetace kazvinskyh hald a možnosti jejich zalesneni. Prirodoved, sbor. "Ostravskeno kraje", 17, N 2.